

**PATENT**

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

Application No. : To Be Assigned Confirmation No. :  
Applicant : Hideyuki KAZUMI, et al.  
Filed : Concurrent Herewith  
TC/A.U. :  
Examiner :  
Docket No. : 056204.53113US  
Customer No. : 23911  
Title : Plasma Processing Apparatus

**CLAIM FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. §119**

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

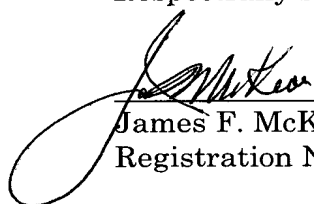
Sir:

The benefit of the filing date of prior foreign application No. 2003-152934,  
filed in Japan on May 29, 2003, is hereby requested and the right of priority  
under 35 U.S.C. §119 is hereby claimed.

In support of this claim, filed herewith is a certified copy of the original  
foreign application.

Respectfully submitted,

January 27, 2004

  
James F. McKeown  
Registration No. 25,406

CROWELL & MORING, LLP  
Intellectual Property Group  
P.O. Box 14300  
Washington, DC 20044-4300  
Telephone No.: (202) 624-2500  
Facsimile No.: (202) 628-8844

JFM:ast  
301078

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

1103-32705

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 3 年    5 月 2 9 日  
Date of Application:

出 願 番 号                      特 願 2 0 0 3 - 1 5 2 9 3 4  
Application Number:  
[ST. 10/C]:                      [ J P 2 0 0 3 - 1 5 2 9 3 4 ]

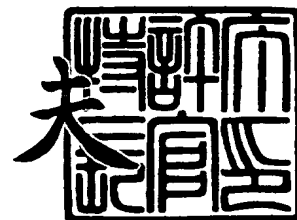
出      願      人  
Applicant(s):                      株式会社日立製作所  
  株式会社日立ハイテクノロジーズ



2 0 0 3 年 1 0 月 1 5 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号    出証特 2 0 0 3 - 3 0 8 4 5 9 2

【書類名】 特許願

【整理番号】 H4372

【提出日】 平成15年 5月29日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/00

【発明者】

    【住所又は居所】 茨城県日立市大みか町七丁目 1 番 1 号 株式会社 日立製作所 日立研究所内

    【氏名】 数見 秀之

【発明者】

    【住所又は居所】 茨城県土浦市神立町 5 0 2 番地 株式会社 日立製作所 機械研究所内

    【氏名】 前田 賢治

【発明者】

    【住所又は居所】 山口県下松市大字東豊井 7 9 4 番地 株式会社 日立ハイテクノロジーズ 設計・製造統括本部 笠戸事業所内

    【氏名】 吉田 剛

【発明者】

    【住所又は居所】 山口県下松市大字東豊井 7 9 4 番地 株式会社 日立ハイテクノロジーズ 設計・製造統括本部 笠戸事業所内

    【氏名】 尾山 正俊

【特許出願人】

    【識別番号】 000005108

    【氏名又は名称】 株式会社 日立製作所

【特許出願人】

    【識別番号】 501387839

    【氏名又は名称】 株式会社 日立ハイテクノロジーズ

## 【代理人】

【識別番号】 100093492

【弁理士】

【氏名又は名称】 鈴木 市郎

【電話番号】 03-3591-8550

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100078134

【弁理士】

【氏名又は名称】 武 顕次郎

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 113584

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 プラズマ処理装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 処理ガスの導入手段及び真空排気手段を備えた真空処理容器と、

前記真空処理容器の外周壁側に形成したシールド電極と、

高周波電力を前記真空処理容器内に放射するアンテナ電極を備えた試料載置装置とを備えたプラズマ処理装置であって、

前記アンテナ電極には第 1 の高周波電力を供給し、前記アンテナ電極及び前記シールド電極には前記第 1 の高周波電力よりも低周波の高周波電力を供給することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 2】 処理ガスの導入手段及び真空排気手段を備えた真空処理容器と、

前記真空処理容器の外周壁側に形成したシールド電極と、

高周波電力を前記真空処理容器内に放射するアンテナ電極を備えた試料載置装置と、

前記真空処理容器の外周壁の外周側に形成した励磁用コイルとを備えたプラズマ処理装置であって、

前記アンテナ電極には第 1 の高周波電力を供給し、前記アンテナ電極及び前記励磁用コイルに前記第 1 の高周波電力よりも低周波の高周波電力を供給し、前記シールド電極にはインピーダンス素子を接続すると共に前記励磁用コイルを介してシールド電圧を付与したことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 3】 請求項 2 記載のプラズマ処理装置において、前記シールド電極の前記励磁コイルに面する部分に励磁コイルと略直交する方向にスリットを設けたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 4】 請求項 2 記載のプラズマ処理装置において、前記シールド電極の前記励磁コイルに面する部分に励磁コイルと略直交する方向にスリットを設け、前記シールド電極の前記真空処理容器上面の中央部分に開口または窪みを設けたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 5】 請求項 1 記載のプラズマ処理装置において、前記アンテナ電極及び前記シールド電極間を電力分割器及び位相調整器を介して接続したことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 6】 請求項 2 記載のプラズマ処理装置において、前記アンテナ電極及び前記励磁コイル間を電力分割器及び位相調整器を介して接続したことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 7】 請求項 1 記載のプラズマ処理装置において、前記アンテナ電極の中央部には、プラズマ処理中に載置した試料の上面に形成される定在波の節となる位置を径とする円板状の空隙を形成したことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 8】 請求項 2 記載のプラズマ処理装置において、前記アンテナ電極の中央部には、プラズマ処理中に載置した試料の上面に形成される定在波の節となる位置を径とする円板状の空隙を形成したことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 9】 請求項 1 記載のプラズマ処理装置において、前記アンテナ電極の中央部には、プラズマ処理中に載置した試料の上面に形成される定在波の節となる位置を径とする円板状の誘電体層を形成したことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 10】 請求項 2 記載のプラズマ処理装置において、前記アンテナ電極の中央部には、プラズマ処理中に載置した試料の上面に形成される定在波の節となる位置を径とする円板状の誘電体層を形成したことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 11】 処理ガスの導入手段及び真空排気手段を備えた誘電体製の真空処理容器と、

前記真空処理容器の外周壁側に形成したシールド電極と、

高周波電力を前記真空処理容器内に放射するアンテナ電極を備えた試料載置装置とを備え、

更に前記誘電体製の真空処理容器の内壁面には  $ZrO_2$  の溶射膜を備えたプラズマ処理装置であって、

前記アンテナ電極には第1の高周波電力を供給し、前記アンテナ電極及び前記シールド電極には前記第1の高周波電力よりも低周波の高周波電力を供給することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項12】 請求項9記載のプラズマ処理装置において、前記誘電体製の真空処理容器の内壁面は $Y_2O_3$ の溶射膜を備えたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明はプラズマ処理装置に係り、特に安定した処理を続行することのできるプラズマ処理装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、ULSI (Ultra Large Scale Integration)等の半導体素子の微細化、高集積化が急速に進められ、加工寸法が $0.13\mu m$ のデバイスは間もなく量産化に移行し、 $0.10\mu m$ のデバイスも開発されつつある。また、LSIの高速化も急速に進展し、配線遅延を低減するため、Cu配線及び低誘電率膜が使用されるようになった。また、デバイス構造も複雑化し、更に使用する膜種も多様化している。

【0003】

また、ウエハ1枚当りの取得可能なチップ個数を増やすためには、直径 $300mm$ 等の大口径ウエハを扱うことのできる製造ラインの構築が必要であり、これに伴いエッチング技術の高精度化、大口径対応が求められている。特に酸化膜のエッチングに際しては、配線のためのコンタクトホール形成、ダマシン形成のための有機あるいは無機の低誘電率膜の加工、さらには種々のマスク加工等が必要とされ工程が増加している。

【0004】

デバイス寸法が $0.1\mu m$ 程度となると、(CD:Critical Dimension) 値で、ナノレベルの寸法加工精度が求められる。また、エッチングに際して、対下地



膜あるいは対レジスト膜に対して高い選択比を得ようとする、エッチング反応が途中で停止する「エッチストップ」や加工する（エッチングする）穴径によってエッチング速度が異なる「RIE (Reactive Ion Etching) - lag」が発生しやすくなる。すなわち、アスペクト垂直加工と高選択比との両立は困難になる。更に、加工膜種が異なれば使用する処理ガスも異なり、これに応じて処理室内のプラズマやラジカルの分布も変化する。このためプラズマやラジカルの制御手段も重要となる。

#### 【0005】

これら性能上の問題の外、処理に際して使用するフロロカーボンガスあるいはラジカル等が処理室内壁等に堆積することに起因する異物発生抑制、あるいは処理室内壁を構成するシリコン板等の消耗品の交換コスト低減対策等も求められている。

#### 【0006】

特許文献1には、プラズマを利用して絶縁膜を処理する際、異なる2つのRF (Radio Frequency) 電圧を対向する電極に印加する平行平板型プラズマ処理装置が示されている。この装置においては、上部電極及び下部電極をそれぞれ処理室の上下に対向して配置し、上部電極あるいは下部電極の少なくともいずれか一方に高周波電力を供給して、処理室内に導入した処理ガスを電離・解離させ、生じたイオンあるいはラジカルを用いてウエハを処理する。

#### 【0007】

特許文献2には、ガスを処理室内に導入するガス穴を設けたシリコン板からなる上部電極と、この上部電極の背面にリング状に永久磁石を配置したプラズマ処理装置が示されている。

#### 【0008】

特許文献3には、有機系低誘電率膜加工用のプラズマ処理装置として、下部電極に13.56MHzの高周波を供給し、更に処理室周囲にコイルを配置し、該コイルに13.56MHzの高周波を供給するプラズマ処理装置において、誘電体壁の消耗を防ぐためコイルと誘電体壁の間に静電シールドを設けることが示されている。

**【0009】**

また、非特許文献1には、被処理体を載置する電極に2種類の周波数の高周波(2MHz、27.12MHz)を印加して、プラズマをウエハ載置側から生成し、ウエハと対向する面に配置したシリコン板に電圧が印加されないようにし、これにより前記シリコン板の消耗を防ぐようにしたプラズマ処理装置が示されている。

**【0010】****【特許文献1】**

特開平8-339984号公報

**【0011】****【特許文献2】**

特開平8-288096号公報

**【0012】****【特許文献3】**

特開2000-36484号公報

**【0013】****【非特許文献1】**

Lam Research社製のRIE装置Exelan2300の説明書

**【0014】****【発明が解決しようとする課題】**

前記特許文献1に示す装置では、使用周波数の高周波数化に伴い、上部電極と金属製の冷却板の間、あるいは吐出し口(ガス吹出し口)内に高周波が浸透することとなる。浸透深さは非常に薄い(1mm以下)ため、この浸透部分に高電界印加されて、異常放電が発生しやすくなる。一旦、異常放電が起こると、吹出し穴径が拡大されて、より内部にまでプラズマが発生することになり、異物の発生原因となる。また、上部電極は高周波によって必然的に高電位となるので、プラズマによるスパッタにより削られることになる。このため高価な消耗品であるSi製の上部電極の交換頻度が高くなることがある。

**【0015】**

特許文献2に示す装置では、永久磁石の大きさ程度の限定された箇所に局所的に磁場が形成される。この磁場による閉じ込め効果を増加しようとするすると前記永久磁石近傍での磁場が部分的に強くなり、この部分でのプラズマ密度が高くなる。またRF電極にはバイアスを印加し、プラズマ中のイオンを引き込むので、スパッタリングが局所的に起こる。このため電極の局所的消耗を招き、異物発生量が増加し、装置信頼性が低下する場合が生じる。

#### 【0016】

特許文献3に示す装置では、処理室の側面にコイルを巻回し、誘導結合によりプラズマを生成する。このとき前記コイルに印加する電圧が上昇することによって生ずる処理容器の局所的な壁削れを静電シールド（ファラデーシールド）に遮蔽している。このため、前記静電シールドの開口部と開口部でない箇所では遮蔽効果が不均一となる。また、プラズマの着火性が悪化することがある。

#### 【0017】

非特許文献1に示す装置では、ウエハ側から異なる高低2種類の高周波を供給し、ウエハ側に高密度プラズマを生成するため、エッチングレートの増大を見込むことができる。一方、プラズマあるいはラジカルはウエハ載置面に対向する面にも広がっていくため、対向する壁（あるいはシリコン板面）にもアタックする。このため前記対向面に削れや膜堆積が起きる。

#### 【0018】

また、プラズマと壁との電位差によりイオンが壁に入射することになるため、プラズマ電位はウエハ載置電極から供給する低周波数側の電位に伴って変動する。またこの変動するプラズマ電位と壁との電位差でイオンが壁に入射することになるため、ウエハ電位と独立して、壁に入射するイオンのエネルギーを制御することは困難となる。このため壁の削れや堆積を制御することが困難となることがある。

#### 【0019】

このように、平行平板型のプラズマ処理装置では、高周波を印加する電極そのものが高電圧となることがある。また、ウエハ載置電極側からプラズマを生成する装置では、アースとなる対向電極とプラズマ電位との差でアース電極がエッチ

ングされることになる。

#### 【0020】

ウエハと対向する面に形成した前記対向電極には、異物発生観点から、また、F（フッ素）ラジカルのスカベンジ（気相中のFラジカルがSiに吸着してSiFxという形になってFが減少する）の観点からシリコン板が用いられる。この場合、前記シリコン板は早期に消耗されることになる。シリコン板は高価であるため、シリコン板の消耗量の低減は製造コスト低減からも必要となる。

#### 【0021】

本発明はこれらの問題点に鑑みてなされたもので、メンテナンス周期を増大して安定した処理を続行することのできるプラズマ処理装置を提供することにある。

#### 【0022】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明は、上記の課題を解決するために次のような手段を採用した。

#### 【0023】

処理ガスの導入手段及び真空排気手段を備えた真空処理容器と、前記真空処理容器の外周壁側に形成したシールド電極と、高周波電力を前記真空処理容器内に放射するアンテナ電極を備えた試料載置装置とを備えたプラズマ処理装置であって、前記アンテナ電極には第1の高周波電力を供給し、前記アンテナ電極及び前記シールド電極には前記第1の高周波電力よりも低周波の高周波電力を供給する。

#### 【0024】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態を添付図面を参照しながら説明する。図1は、本発明の実施形態にかかるプラズマ処理装置を説明する図である。プラズマ処理装置を構成する真空処理容器1の内部には石英等の誘電体14の壁を備え、これらにより処理室2を形成する。また、処理室2の内部には被処理物である試料（ウエハ）4を載置するアンテナ電極51及び試料台5を備える。処理ガスは前記処理室2の上部から導入し、導入した処理ガス3は排気系6によって排気される。試料

台 5 のウエハ載置面の外周側にはサセプタ 7 を配置する。アンテナ電極 5 1 にはプラズマ生成のために使用する第 1 の高周波 (UHF あるいは VHF) 電源 8 及びイオンを引き込むために使用する前第 1 の記高周波電源 8 より低い周波数の第 2 の高周波電源 9 を供給する。

#### 【0025】

第 1 の高周波電源 8 及び第 2 の高周波電源 9 は、それぞれ同軸導波路 1 0 を介して試料台 5 及びアンテナ電極 5 1 に供給する。試料台 5 と金属壁 1 1 の間には誘電体 1 2 を充填し、両者を電氣的に絶縁する。また、試料台 5 は冷却手段 1 3 を備え、該手段に冷媒を流すことにより試料台 5 の温度を制御することができる。処理室 2 を構成する誘電体 1 4 の外側には、第 2 の電極 (シールド電極) 1 5 を配置し、これに第 3 の高周波電源 1 6 を接続する。第 3 の高周波電源 1 6 は、前記の第 2 の高周波電源と同じ周波数であってもよい。

#### 【0026】

前記プラズマ処理装置を用いて行うウエハ処理を、酸化膜のエッチングを例に説明する。まず、図示しない搬送手段によって試料 4 を処理室 2 内のアンテナ電極 5 1 上に搬送する。処理室 2 内にはフロロカーボンガス、 $O_2$ 、Ar 等からなる処理ガス 3 を導入し、処理室 2 内の圧力を所定値に設定した後、第 1 の高周波電源 8 電力を同軸導波路 1 0 を介してアンテナ電極 5 1 に供給する。第 1 の高周波電源 8 は誘電体 1 2 を通り、サセプタ 7 を介して処理室 2 内に放射されて処理室 2 内にプラズマを生成する。

#### 【0027】

前記プラズマの生成により処理ガスは解離されてフロロカーボンラジカル  $CF_x$ 、 $C_xF_y$  あるいは  $O$  が発生し、前記フロロカーボンラジカルはウエハ上に堆積する。第 2 の高周波電源 9 がアンテナ電極 5 1 に印加されている場合、試料 4 上にはシースが形成され、これにより試料 4 上に堆積しているフロロカーボン膜にイオンが入射してエッチングが進行する。エッチングにより発生した反応生成物はフロロカーボンラジカルと同様に処理室 2 の壁となる誘電体 1 4 に付着する。

#### 【0028】

誘電体 14 の外側には第 2 の電極 15 を設けてある。ここに印加する電圧を調整することにより誘電体 14 の表面の電位をプラズマ電位より若干低い値に設定することができる。誘電体 14 の表面電位をこのように設定すると、低エネルギーのイオンを誘電体 14 に入射させることができ、この低エネルギーのイオン入射により前記反応生成物やラジカルが誘電体 14 表面に付着するのを抑制することができる。すなわち真空処理容器内表面を誘電体 14 で被覆し、更に第 2 の電極 15 に電圧を印加して誘電体 14 の内壁表面に電界を印加することにより、反応生成物やラジカルが内壁に付着するのを防止すると共に、絶えず誘電体 14 壁表面をリフレッシュするので、異物の発生を有効に抑制することができる。

#### 【0029】

図 2 は、本発明の他の実施形態を説明する図である。図に示ように、プラズマ処理装置の真空処理容器を構成する誘電体 14 壁の外周にコイル 17 を配置し、コイル 17 に第 3 の高周波電源 16 を供給する。第 3 の高周波電源 16 は前記の第 2 の高周波と同じ周波数であってもよい。コイル 17 と前記誘電体 14 の間及び誘電体 14 壁の上面部に金属製のファラデーシールド 18 を設ける。ファラデーシールド 18 には、可変容量のコンデンサ 19 もしくは可変容量のインダクタンスを接続する。ファラデーシールド 18 の側面部 18a は金属片と開口部とが交互に並ぶ簾状の構造とし、ファラデーシールド 18 の天井部 18b は開口部 181 を備えた形状とするか、あるいは開口部 181 を備えない形状とすることができる。なお、図において図 1 に示される部分と同一部分については同一符号を付してその説明を省略する。

#### 【0030】

プラズマを生成して試料に処理を施しているとき、例えば前記可変容量コンデンサ 19 の容量を調整するとファラデーシールド 18 に印加される電圧を調整することができる、これにより、誘電体 14 壁に対するラジカルや反応生成物の付着を抑制することができる。

#### 【0031】

ファラデーシールド 18 の開口部に対向する誘電体 14 の内壁面はシールド電圧が印加され難い。このため、試料の処理中に前記ファラデーシールド 18 を回

転させて開口部と金属部とを入れ替えるようにすると、誘電体 14 壁が不均一に削られたり、反応生成物が誘電体 14 壁に不均一に堆積することを防ぐことができる。

#### 【0032】

また、真空処理容器の天井部 18b をファラデーシールドで完全に覆ってしまうと、天井部のプラズマ中には TM01 モードの定在波が立ち、プラズマ密度が凸分布となることがある。このような場合には、ファラデーシールド 18b の中心部に前記開口部 181 を設けるか、あるいは窪み 182 を設けると良い。

#### 【0033】

図 3 (a)、図 3 (b) は、本発明の更に他の実施形態を説明する図である。図 3 (a) は、図 1 に示す第 2 の高周波電源 9 の出力を、電力分割器 20 及び位相調整器 21 を介して第 2 の電極 (シールド電極) 15 に供給した例を示す図、図 3 (b) は、図 2 に示す第 2 の高周波電源 9 の出力を、電力分割器 20 及び位相調整器 21 を介して前記コイル 17 に供給した例を示す図である。なお、これらの図において図 1、2 に示される部分と同一部分については同一符号を付してその説明を省略する。

#### 【0034】

図 3 (a)、(b) に示すように、第 3 の高周波 16 の代わりに、第 2 の高周波電源を第 2 の電極 15 あるいはコイル 17 に供給する。また、第 2 の高周波電源の出力をアンテナ電極 51 と第 2 の電極 15 とに分割して供給する電力分割器 20 と位相調整器 21 はそれらを調整することにより、アンテナ電極 51 と第 2 の電極 15 あるいはアンテナ電極 51 とコイル 17 に印加する電圧の比及び位相差を調整することができる。

#### 【0035】

これにより、第 2 の電極 (シールド電極) 15 あるいはシールド電極 18 に印加する電圧を調整することができる。

#### 【0036】

例えば、第 2 の高周波電源 9 の電圧とシールド電極の電圧の位相差が  $180^\circ$  の場合は、試料がイオンを引き込んでいるとき、誘電体 14 壁の電位がプラズマ

電位と同じになり、プラズマは壁を叩かなくなる。一方、試料側の電位が正となるときは、誘電体 14 壁の電位が相対的に低くなりイオンを引き込むことになる。

#### 【0037】

すなわち、誘電体 14 壁へのラジカルや反応生成物の「堆積」と「除去」の時間を制御することにより誘電体 14 壁への膜の堆積を抑制することができる。なお、位相差を  $0^\circ$  とすると、試料にイオンを引きこんでいるとき誘電体 14 壁もイオンを引き込むことになる。

#### 【0038】

処理ガスとしてフロロカーボンガスを用いた場合、解離で生じたフロロカーボンラジカルが試料や壁に付着する。また、イオン入射の際フロロカーボン膜からもラジカルが発生する。試料 4 と誘電体 14 壁が同位相で振れると、プラズマ中のフロロカーボンの量が位相差  $180^\circ$  の場合よりも多くなる（損失が少なくなる）。このため、エッチャントの量が増えてエッチングの効率が良くなることが期待される。ここでは、位相差  $0^\circ$  と  $180^\circ$  について説明したが、使用するガスの種類や、発生するラジカルあるいは反応生成物の量に応じて、試料 4 及び誘電体 14 壁に印加する電圧及び位相差を変化させるとよい。

#### 【0039】

図 4 は、本発明の更に他の実施形態を説明する図である。第 1 の高周波電源 8 として UHF あるいは VHF の高周波電源を用いる場合、周波数が高いことによって顕著な凸型のプラズマ分布となることがある。これは、試料 4 の上面のシース内で定在波（TM01 モード）が形成されるためである。

#### 【0040】

そこで、アンテナ電極 51 の表面に円板状の空隙 22 を設ける。空隙 22 部分には放電を抑制するため誘電体 23 を充填しても良い。空隙 22 の径は、第 1 の高周波電源周波数における定在波の節間の距離程度に設定し、厚み  $d$  は、その実効距離  $d^* = d / \sqrt{\epsilon_r}$ 、（但し  $\epsilon_r$ ：誘電体の比誘電率）が使用する試料の厚さ程度となるように設定する。これによって、均一なプラズマを生成し、また高周波電位を試料に均一に印加することができる。



## 【0041】

図5は、本発明の更に他の実施形態を説明する図であり、図5 (a) はプラズマ処理装置を示す図、図5 (b) は壁材とラジカルとの結合エネルギーを説明する図である。

## 【0042】

本実施形態においては誘電体14壁表面を、 $ZrO_2$ 、あるいは $ZrO_2-Y_2O_3$ の溶射膜によってコーティングする。また、アース24材料の表面も $ZrO_2$ 、あるいは $ZrO_2-Y_2O_3$ を溶射膜によりコーティングする。図4 (b) は、壁材とラジカルとの結合エネルギーを分子軌道法によって求めた計算値を示す。結合エネルギーが正はラジカルが壁に吸着すること、負は吸着しないことを示し、その大小が吸着力の大小に対応する。また、 $SiO-$ は壁材が石英であり、吸着サイトがOであることを、 $AlO$ はアルミナを、 $ZrO-$ はジルコニアを表す。

## 【0043】

アース材料として、アルミールライトコーティングを使用する場合を想定すると、次のようになると考えられる。 $Al$ 、 $Al_2O_3$ とFが反応して $AlF_x$ が発生し、プラズマ中に放出される。 $AlF_3$ 、 $AlF_2$ 、 $AlF$ がそれぞれ1.52 eV、5.58 eV、3.49 eVの結合エネルギーで壁の石英に吸着する。また、 $SiO$ に付着した $AlF$ の上にさらに $AlF$ が吸着する場合の結合エネルギーは0.50 eVと弱く吸着する。一方、エッチングで生成する代表的な反応生成物である $SiF_4$ は $AlF$ の上には堆積できない。ここで $AlF$ の上に $AlF$ が弱く結合するのが問題で、試料の処理を重ねていくにつれて石英から $AlF$ が脱離して異物となる。

## 【0044】

また、エッチャントとなる $CF_2$ は $AlO$ に3.78 eVで結合するが、そのとき $Al-OCF_2$ の間の結合エネルギーは0.71 eVと非常に小さくなる。これは、イオンが入射すると容易に $AlO$  (アルミナ $Al_2O_3$ ) のOを抜き去ることになり、エッチングされることを示している。

## 【0045】

一方、 $ZrO_2$  の場合、 $CF_2$  が吸着するが ( $3.78\text{ eV}$ )、このとき  $Zr-O-CF_2$  間の結合エネルギーは、 $1.78\text{ eV}$  と高く、前記アルミールマイトの場合よりも、イオン入射によって容易にエッチングされないことを示している。同様に  $Y_2O_3$  の場合も、 $CF_x$  の付着で容易に  $O$  がとれることはないので、 $ZrO_2$  に  $Y_2O_3$  を加えて化合物表面を安定化させても良い。なお、誘電体壁 14 に  $ZrO_2$  をコーティングする例を示したが、場合によっては誘電体は石英のままで、アース材 24 にのみ  $ZrO_2$  あるいは  $ZrO_2-Y_2O_3$  コーティングとしても良い。

#### 【0046】

以上説明したように、本発明の各実施形態によれば、VHFあるいはUHF帯の高周波を用いてプラズマを生成するプラズマ処理装置において、壁となる誘電体表面の電位あるいはその位相を制御することによって、ラジカルあるいは反応生成物の付着及びプラズマによるスパッタを防ぎ、壁材等の消耗品コスト (COC) を低減することができる。また、アンテナ電極に対向する前記誘電体表面には電極を設けない。このため真空処理容器の外周壁に形成したシールド電極電位を調整することにより壁面電位を最適に設定することができる。これにより、壁からの異物発生を低減することができ、メンテナンス周期を増大することができる。

#### 【0047】

##### 【発明の効果】

以上説明したように本発明によれば、メンテナンス周期を増大しして安定した処理を続行することのできるプラズマ処理装置を提供することができる。

##### 【図面の簡単な説明】

##### 【図1】

本発明の実施形態にかかるプラズマ処理装置を説明する図である。

##### 【図2】

本発明の他の実施形態を説明する図である。

##### 【図3】

本発明の更に他の実施形態を説明する図である。

## 【図 4】

本発明の更に他の実施形態を説明する図である。

## 【図 5】

本発明の更に他の実施形態を説明する図である。

## 【符号の説明】

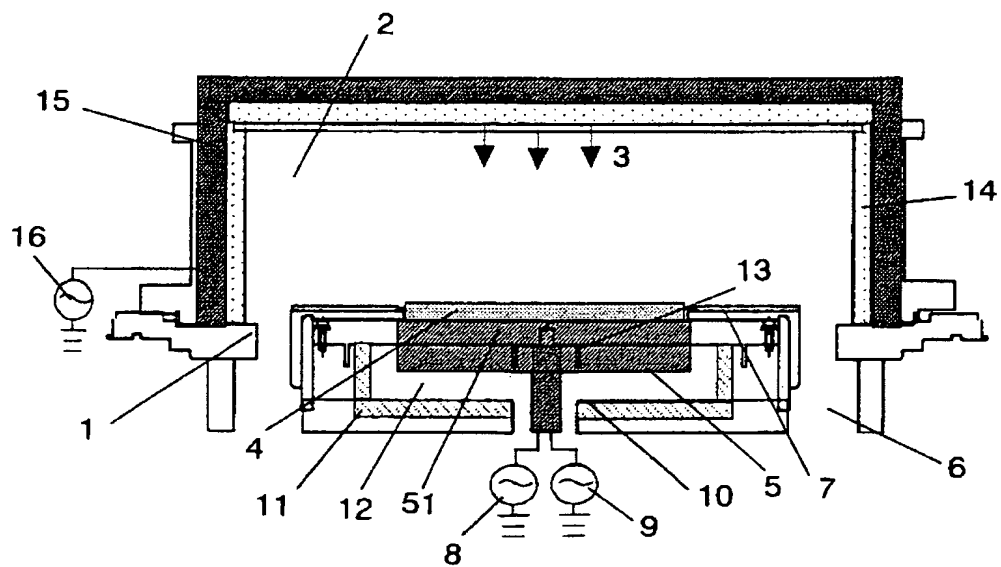
- 1 真空処理容器
- 2 処理室
- 3 処理ガス
- 4 試料（ウエハ）
- 5 試料台
- 6 排気系
- 7 サセプタ
- 8 第 1 の高周波電源
- 9 第 2 の高周波電源
- 10 同軸導波管
- 11 金属壁
- 12 誘電体
- 13 冷却手段
- 14 誘電体
- 15 第 2 の電極
- 16 第 3 の高周波電源
- 17 コイル
- 18, 18 a, 18 b ファラデーシールド
- 19 可変コンデンサ
- 20 電力分割器
- 21 位相調整器
- 22 空隙（電界制御空間）
- 23 誘電体
- 24 アース

5 1 アンテナ電極（第 1 の電極）

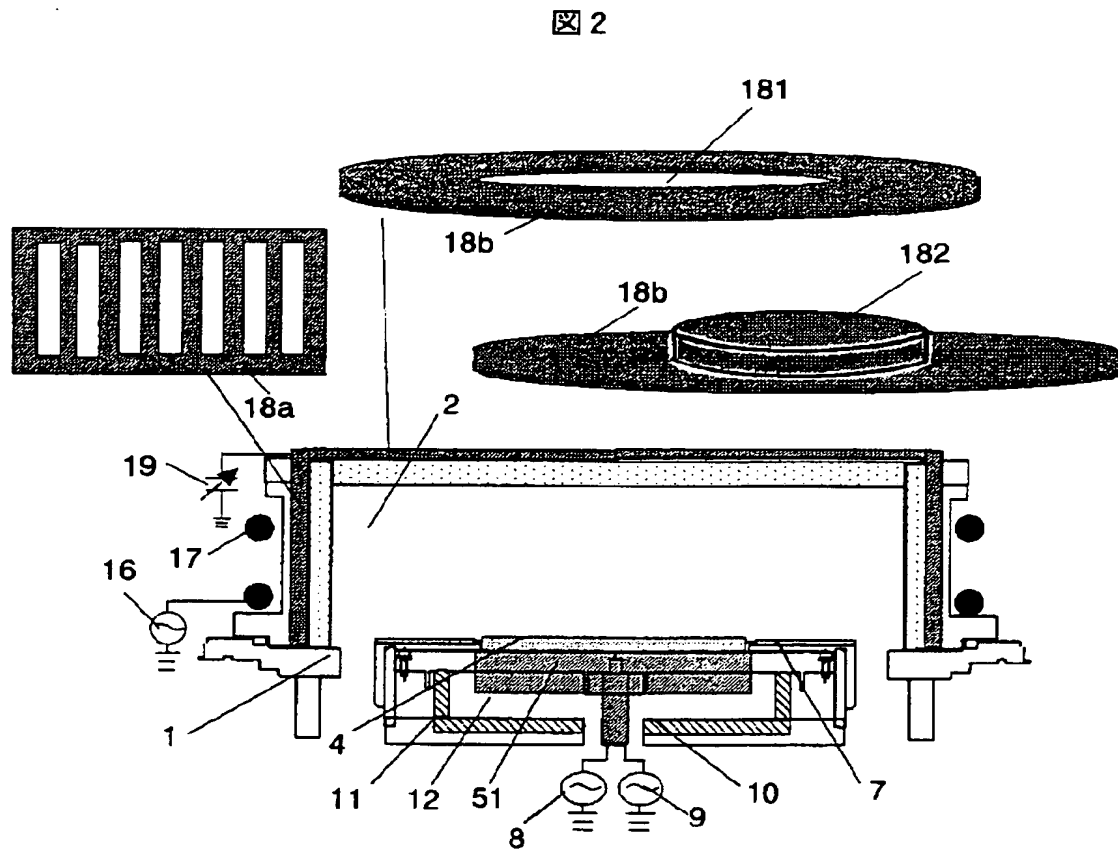
【書類名】 図面

【図 1】

図 1

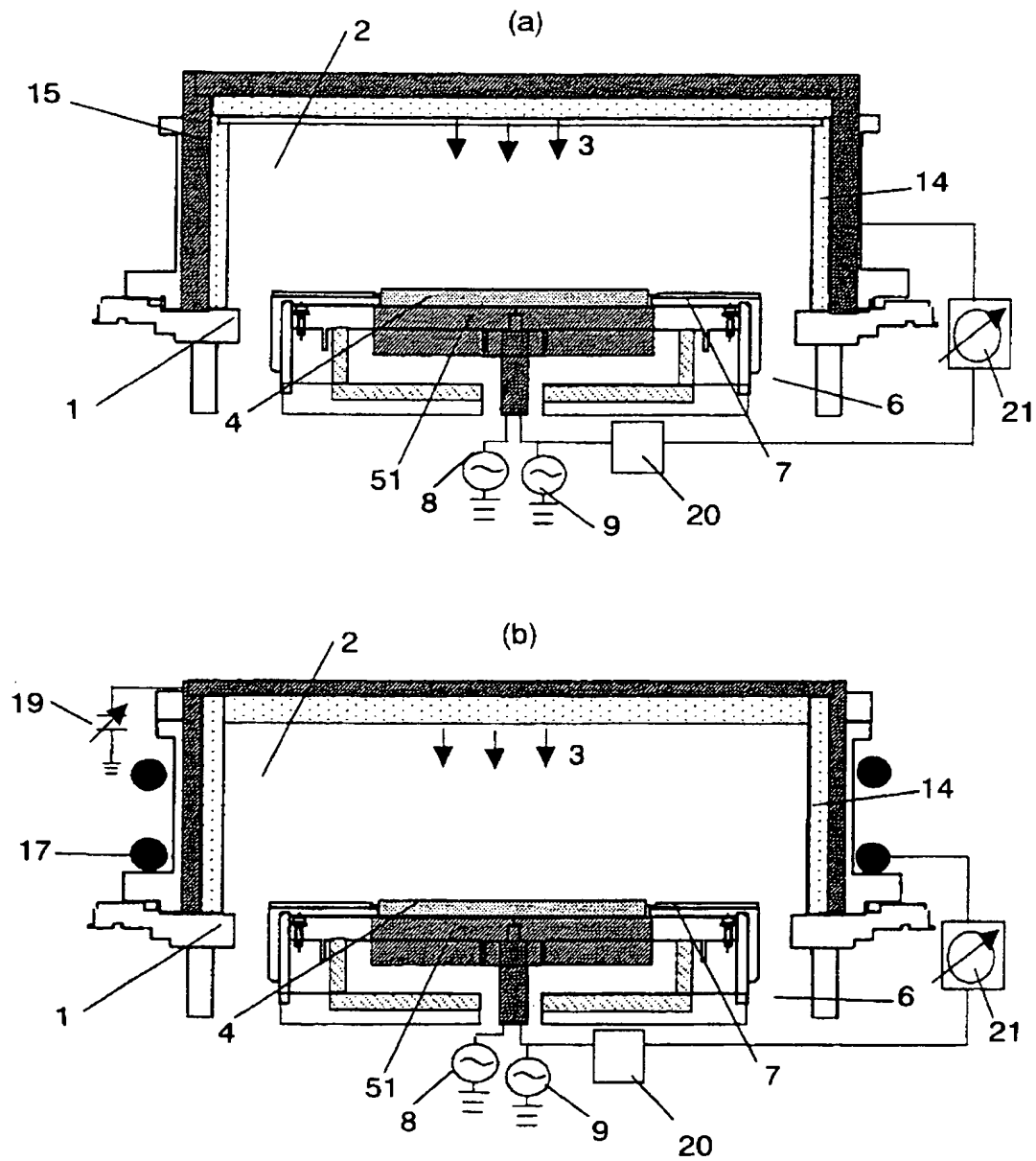


【図 2】



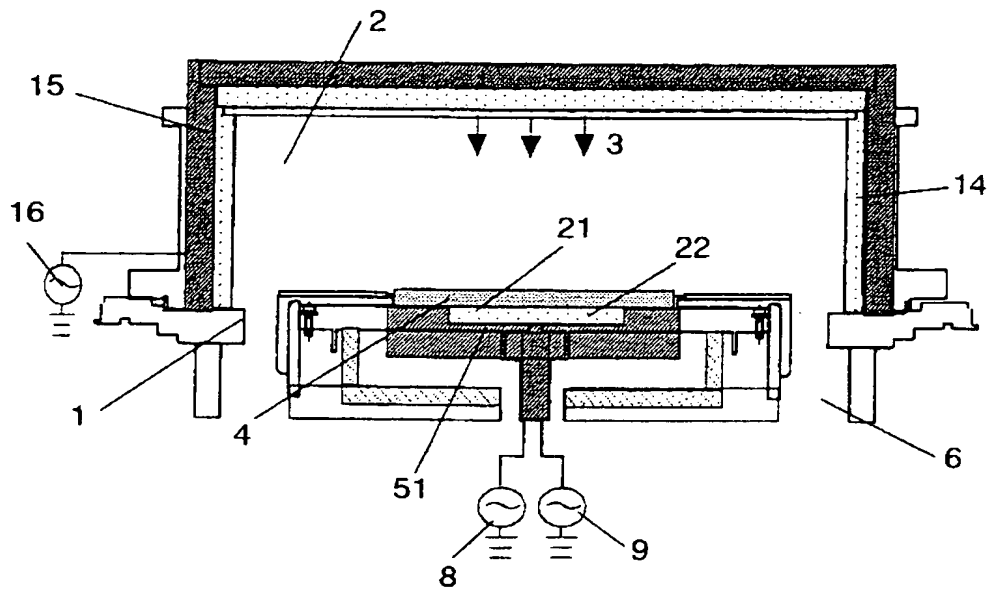
【図 3】

図 3



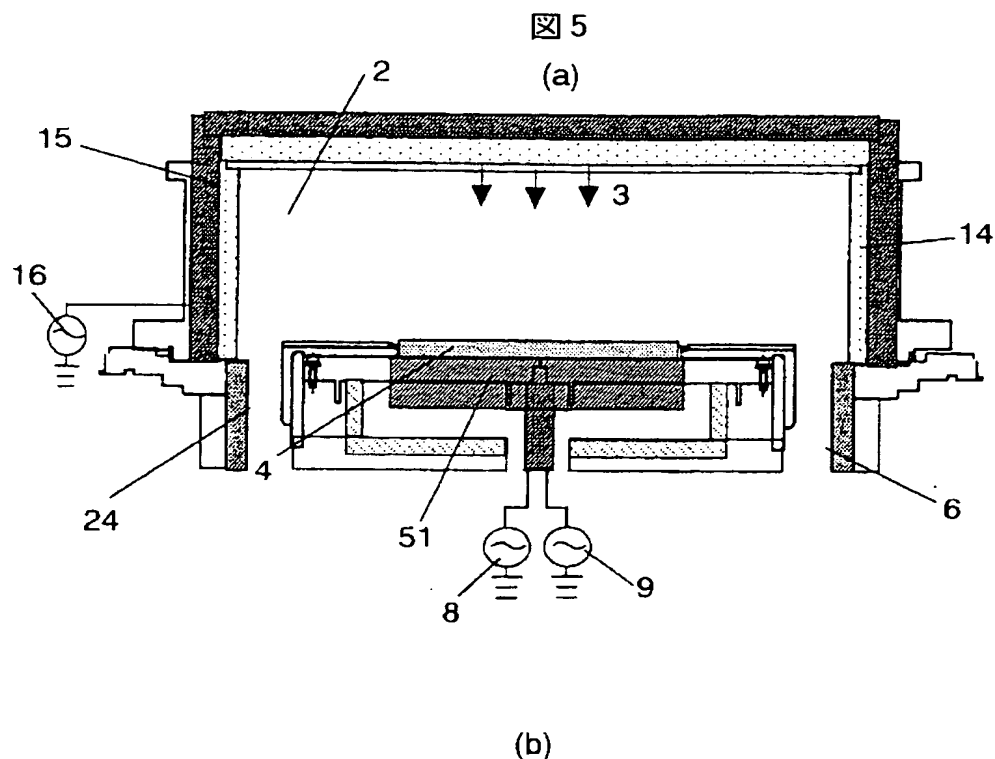
【図 4】

図 4





【図 5】



壁材	ラジカル	結合エネルギー(eV)
SiO	AlF <sub>3</sub>	1.52
	AlF <sub>2</sub>	5.58
	AlF	3.49
SiO-AlF	AlF	0.50
	SiF <sub>4</sub>	-(吸着せず)
AlO	AlF	3.70
	AlF <sub>2</sub>	5.76
AlO-AlF	AlF	0.81
AlO	CF <sub>2</sub>	3.78
Al	OCF <sub>2</sub>	0.71
ZrO	ZrF <sub>3</sub>	9.08
	ZrF <sub>2</sub>	8.91
ZrO	CF <sub>2</sub>	3.79
Zr	OCF <sub>2</sub>	1.78

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 メンテナンス周期を増大して安定した処理を続行することのできるプラズマ処理装置を提供する。

【解決手段】 処理ガスの導入手段及び真空排気手段を備えた真空処理容器 1 と、前記真空処理容器の外周壁側に形成したシールド電極 14 と、高周波電力を前記真空処理容器内に放射するアンテナ電極 51 を備えた試料載置装置 101 とを備えたプラズマ処理装置であって、前記アンテナ電極 51 には第 1 の高周波電力を供給し、前記アンテナ電極 51 及び前記シールド電極 15 には前記第 1 の高周波電力よりも低周波の高周波電力を供給する。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 1 5 2 9 3 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 5 1 0 8 ]

1. 変更年月日  
[変更理由]

1 9 9 0 年 8 月 3 1 日

新規登録

住 所  
氏 名

東京都千代田区神田駿河台 4 丁目 6 番地  
株式会社日立製作所

特願 2003-152934

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[501387839]

1. 変更年月日  
[変更理由]

2001年10月 3日  
新規登録

住 所  
氏 名

東京都港区西新橋一丁目24番14号  
株式会社日立ハイテクノロジーズ